

## Aplicaciones de la inteligencia artificial en cirugía

### Applications of artificial intelligence in surgery

Karol Estefanía Moncada Granda<sup>1</sup>[0009-0001-2596-0660 1], Fabián Gerardo Correa Martínez<sup>2</sup>[0000-0002-4007-2688 2]

<sup>1</sup> Universidad Católica de Cuenca. Medicina. Av. de las Américas y Humboldt, 10106, Azuay. Ecuador.

<sup>1</sup>kemoncadag83@est.ucacue.edu.ec, <sup>2</sup>fcorream@ucacue.edu.ec

Salud ConCiencia  
ISSN: 2953-5247

Recibido: 2023-09-23

Revisado: 2023-09-01-2023-09-17

Corregido: 2023-10-02

Aceptado: 2023-10-07

Publicado: 2023-10-12



Los contenidos de este artículo están bajo una licencia de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Los autores conservan los derechos morales y patrimoniales de sus obras.

The contents of this article are under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license. The authors retain the moral and patrimonial rights of their works.

#### Resumen.

**Introducción:** la inteligencia artificial (IA) en medicina mejora el diagnóstico y la cirugía, pero la opacidad de algunos modelos es un desafío importante.

**Objetivo:** investigar y analizar las aplicaciones de la Inteligencia Artificial en el campo de la cirugía.

**Métodos:** se realizó una revisión bibliográfica tipo narrativa, que incluyó 14 artículos recogidos de diferentes bases de datos como Medline, Lilacs, TripDataBase, Cochrane Library, Epistemonikos, Scopus.

**Resultados:** los estudios revisados enfatizan el alto potencial de la inteligencia artificial en la predicción y diagnóstico quirúrgico, abarcando áreas como trasplante de riñón, cirugía cardíaca y fracturas. Además, la IA mejora la formación quirúrgica y la eficacia mediante Realidad Aumentada y Virtual. La IA en medicina promete mejoras importantes en diagnóstico y tratamiento, pero plantea desafíos éticos en torno a la autonomía del paciente y la transparencia.

**Conclusiones:** La IA promete avances en diagnóstico y tratamiento, pero plantea dilemas éticos, como la autonomía del paciente y la transparencia. Se requiere colaboración entre médicos y responsables de políticas para establecer estándares éticos claros y garantizar la seguridad y confiabilidad de la IA en la medicina.

**Palabras Clave:** inteligencia artificial, aprendizaje automático no supervisado, efectividad, medicina de precisión.

#### Abstract:

**Introduction:** artificial intelligence (AI) in medicine improves diagnosis and surgery, but the opacity of some models is a major challenge.

**Objective:** to investigate and analyze the applications of Artificial Intelligence in the field of surgery.

**Methods:** a narrative literature review was performed, including 14 articles collected from different databases such as Medline, Lilacs, TripDataBase, Cochrane Library, Epistemonikos, Scopus.

**Results:** the reviewed studies emphasize the high potential of artificial intelligence in surgical prediction and diagnosis, covering areas such as kidney transplantation, cardiac surgery and fractures. In addition, AI improves surgical training and efficiency through Augmented and Virtual Reality. AI in medicine promises significant improvements in diagnosis and treatment, but raises ethical challenges around patient autonomy and transparency.

**Conclusions:** AI promises advances in diagnosis and treatment, but raises ethical dilemmas, such as patient autonomy and transparency. Collaboration between clinicians and policymakers is required to establish clear ethical standards and ensure the safety and reliability of AI in medicine.

**Keywords:** artificial intelligence, unsupervised machine learning, effectiveness, precision medicine.

## 1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) se ha aplicado de diversas formas en el ámbito médico, considerando el diagnóstico de enfermedades, la cirugía, entre otros (1). Ha demostrado ser útil en el diagnóstico médico, ya que puede analizar grandes cantidades de datos clínicos y de imagen para identificar patrones y anomalías. Esto ha llevado a un mejor reconocimiento de enfermedades y mayor precisión en el diagnóstico. Asimismo, en el campo de la cirugía, ha sido empleada para asistir a los cirujanos durante los procedimientos, mejorando la precisión y reduciendo riesgos (2).

Sin embargo, una de las principales dificultades que confrontan las aplicaciones médicas de IA es la opacidad de algunos modelos. En ocasiones, los algoritmos pueden producir resultados precisos, pero no se comprende completamente cómo llegaron a esas conclusiones. Esto se debe a que ciertos modelos funcionan como cajas negras, lo que significa que sus procesos de toma de decisiones no son fácilmente explicables o interpretables por los humanos (3). A pesar de los adelantos notables que se han conseguido en el uso de IA en cirugía, existen varios desafíos y preguntas sin resolver que deben abordarse.

Adicionalmente, la IA ha surgido como una herramienta prometedora en la predicción de complicaciones postoperatorias en pacientes sometidos a cirugía abdominal mayor. A diferencia de los modelos convencionales, se utilizan algoritmos inteligentes y grandes conjuntos de datos para aprender y adaptarse a patrones y características en los datos preoperatorios e intraoperatorios. Esto permite un análisis automatizado más preciso y exhaustivo, lo que puede mejorar la capacidad de predecir las complicaciones y sus consecuencias en estos pacientes (4).

Aunque su aplicación clínica en este contexto aún requiere una validación adecuada, los resultados preliminares de la investigación preclínica y los primeros estudios en la práctica diaria han demostrado un potencial alentador (5). La utilización en la predicción de complicaciones postoperatorias podría tener un impacto significativo en la baja en los casos de enfermedad y decesos, los costos de atención médica en hospitales y el lapso de internación hospitalaria, mejorando así los resultados para los pacientes sometidos a cirugía abdominal mayor (6).

El problema de investigación de este estudio se centra en identificar y analizar los desafíos clave relacionados con las aplicaciones en cirugía y examinar las perspectivas futuras de esta tecnología (7). Algunos de los desafíos potenciales a considerar podrían incluir la opacidad de ciertos modelos de IA, la carencia de transparencia en el proceso de decidir, la seguridad y la privacidad de los datos, la integración efectiva con la práctica clínica y la aceptación y confianza por parte de los profesionales de la salud y los pacientes (8).

El uso de la IA en el ámbito de la cirugía ha despertado un creciente interés, ya que se reconoce su capacidad para mejorar los resultados de las intervenciones quirúrgicas y revolucionar la práctica clínica. Su utilización en cirugías es un avance importante en la medicina moderna, ya que ha brindado resultados significativos en términos de precisión y eficiencia en diversos procedimientos quirúrgicos (9).

La IA ha arrojado resultados prometedores en diferentes áreas de la cirugía, como en procedimientos

mínimamente invasivos, cirugías robóticas y cirugías de cataratas (10). Una de las aplicaciones con robots en cirugía, ha mostrado un crecimiento sustancial en los últimos años. Estos sistemas robóticos controlados por computadora permiten a los cirujanos realizar procedimientos quirúrgicos con una precisión y exactitud sin precedentes. La cirugía robótica ha demostrado ventajas como la reducción de la pérdida de sangre, tiempos de hospitalización más cortos y una recuperación más rápida para los pacientes (11).

El sector de la atención médica está reconociendo cada vez más la importancia de las herramientas en la próxima generación de tecnología médica. La IA tiene el potencial de mejorar diversos procesos dentro de la operación y la prestación de atención médica. Uno de los aspectos clave es el ahorro de costos que puede generar la implementación de aplicaciones en el sistema de salud. Se estima que estas aplicaciones podrían reducir los costos anuales de atención médica en los Estados Unidos en hasta 150 mil millones de dólares para el año 2026. Gran parte de estas reducciones de costos se lograrían mediante el cambio de un enfoque reactivo a uno proactivo en el modelo de atención médica (12).

A pesar del creciente interés en esta área, es necesario realizar una revisión bibliográfica exhaustiva para comprender plenamente las aplicaciones actuales de la Inteligencia Artificial en cirugía, evaluar su efectividad y analizar los desafíos asociados. Esta investigación permitirá a los especialistas de la salud y a los investigadores obtener una visión completa de las oportunidades y limitaciones de la Inteligencia Artificial en cirugía, fomentando así el avance de soluciones más efectivas y seguras en favor de los pacientes y el sistema de atención médica en general.

### **Avances en cirugía asistida por Inteligencia Artificial**

- **Robots Quirúrgicos Autónomos**

La IA ha experimentado un crecimiento exponencial debido al progreso en áreas como el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo, la visión por computadora y el procesamiento del lenguaje natural. Todas estas vertientes desempeñarán un papel esencial en el avance hacia acciones más autónomas en el ámbito de la cirugía. Felizmente, a medida que la robótica quirúrgica ha evolucionado, cada vez más cirujanos están mostrando interés en la tecnología y en el potencial de acciones autónomas en procedimientos como la radiología intervencionista, la endoscopia y la cirugía (13).

Los progresos en el aprendizaje automático y la robótica han posibilitado el desarrollo de sistemas robóticos con un nivel creciente de autonomía, capaces de tomar decisiones y aprender a partir de la experiencia (14). Los sistemas robóticos autónomos tienen como finalidad ofrecer soluciones quirúrgicas estandarizadas que no dependen de la experiencia individual ni de las variaciones de rendimiento diarios (15).

- **Detección y diagnóstico automatizado**

Conforme avanza la atención médica, también se transforma el proceso de diagnóstico y toma de decisiones, lo que presenta nuevas situaciones a los cirujanos. La IA tiene el potencial de significativamente mejorar la precisión y la eficacia del diagnóstico quirúrgico (4).

Existe un área de la IA en el campo de la cirugía, el aprendizaje automático, que puede resultar poco

intuitivo para el lector, ya que estamos acostumbrados a considerar el aprendizaje como algo humano y a que las máquinas sean controladas por humanos. Básicamente, el aprendizaje automático identifica patrones en grandes conjuntos de datos que pueden escapar a la percepción humana, etiqueta los datos y realiza predicciones precisas. El papel que juega el aprendizaje automático en la cirugía es evidente en su habilidad para predecir con exactitud infecciones en el sitio quirúrgico y anticipar el estadio del cáncer de pulmón (16).

La aplicación del aprendizaje automático supervisado, como el Naïve Bayes, ha demostrado resultados notables en la predicción de necesidades de oxigenación, cuidados en la UCI y el riesgo de no poder retirar el ventilador después de cirugías pulmonares (17). Otros enfoques, como el desarrollo de modelos de aprendizaje automático para prever la lesión renal aguda después de cirugía cardíaca, han demostrado éxito al considerar características preoperatorias e intraoperatorias (18)

- **Cirugía de precisión**

La cirugía de precisión, respaldada por IA y tecnologías avanzadas, ha emergido como un paradigma transformador en la atención médica. Investigaciones destacan cómo se ha convertido en un aliado crucial en la detección y tratamiento de enfermedades como el cáncer. Mediante el análisis de imágenes médicas, como resonancias magnéticas o tomografías computarizadas, puede identificar y caracterizar tumores con una precisión sin precedentes, permitiendo una planificación quirúrgica más precisa. Además, la cirugía de precisión se beneficia de la robótica quirúrgica, que proporciona una estabilidad y precisión excepcionales en la realización de procedimientos complejos. Estos avances han llevado a una reducción significativa de la invasión a los tejidos circundantes, minimizando las complicaciones y acelerando la recuperación de los pacientes (19).

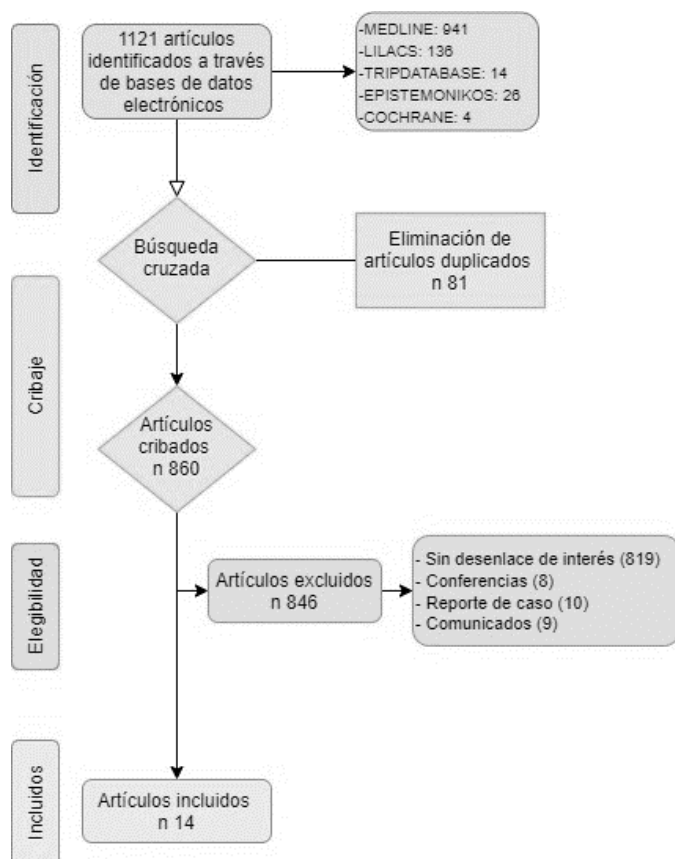
- **Impacto de la IA en la medicina quirúrgica**

La adopción IA está teniendo un impacto profundo en la medicina quirúrgica, revolucionando la forma en que los procedimientos se planifican y realizan. Ha demostrado una capacidad asombrosa para analizar imágenes médicas, como resonancias magnéticas (RM) y tomografías computarizadas (TC), con una precisión inigualable. Esto ha llevado a una detección temprana y más precisa de enfermedades y lesiones, lo que permite a los cirujanos planificar con mayor precisión los procedimientos quirúrgicos. Además, ha allanado el camino para la navegación quirúrgica asistida por ordenador y la cirugía robótica de alta precisión, lo que ha mejorado la destreza y precisión de los cirujanos en la sala de operaciones (20).

La seguridad del paciente también ha mejorado considerablemente. Los sistemas de IA pueden monitorear en tiempo real los signos vitales del paciente durante la cirugía, detectar anomalías de inmediato y alertar al equipo médico, lo que ha llevado a una reducción significativa de las complicaciones perioperatorias. Además, ha permitido una personalización sin precedentes en el tratamiento quirúrgico, adaptando procedimientos y terapias específicamente a las necesidades de cada paciente (21).

## 2. DESARROLLO

La búsqueda inicial arrojó 1121 registros en bases de datos bibliográficas. Tras excluir los duplicados y los estudios no elegibles, se incluyeron en el análisis 14 estudios (flujograma 1).



Flujograma 1. Estrategia de selección de búsqueda de artículos. Realizado por: Los Autores

### 2.1 Técnicas disponibles de Inteligencia artificial en cirugía.

Resumen organizado de los estudios mencionados

#### Predicción

Los modelos de aprendizaje automático tienen una alta capacidad de predicción en trasplante de riñón, mortalidad después de cirugía cardíaca o predicción de resultados quirúrgicos en cirugía colorrectal (22,24)

#### Diagnóstico

Los modelos de IA muestran un rendimiento comparable al de radiólogos y cirujanos expertos en diagnóstico de fracturas o aflojamiento protésico en artroplastia de cadera y rodilla (25,26)

#### Educación

La IA puede mejorar la formación quirúrgica y reducir errores. Se necesita educar a la fuerza laboral de la salud sobre los beneficios y limitaciones de la IA en medicina (10,27,28).

#### Realidad Aumentada y Realidad Virtual en Cirugía

Estas tecnologías mejoran la eficacia quirúrgica y los resultados en patología espinal (28,29).

#### Visión por Computadora en Cirugía

Se espera una mayor aplicación de IA en cirugía laparoscópica, aunque existen desafíos y obstáculos (24).

**Tabla 1. Técnicas disponibles de Inteligencia artificial en cirugía**

Autor/año	Diseño del estudio	Objetivo	Participantes	Resultados
Ravindran et al. (22)/2023	Revisión sistemática y metaanálisis	Evaluar la aplicación actual de modelos de aprendizaje automático en el trasplante de riñón y realizar un metaanálisis de estos modelos en la predicción de la supervivencia del injerto	31 estudios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El área bajo la curva de resumen de la característica operativa del receptor fue de 0.82, y la sensibilidad y especificidad resumidas de los modelos basados en aprendizaje automático fueron del 0.81 para ambos.</li> <li>- La razón de probabilidades de diagnóstico para el modelo general fue de 18.24, y 29.27 en base a análisis de sensibilidad.</li> <li>- Se concluye que los modelos de predicción utilizando métodos de aprendizaje automático pueden mejorar la predicción de resultados después del trasplante de riñón al integrar grandes cantidades de datos no lineales.</li> </ul>
Lex et al. (26)/2023	Revisión sistemática y metaanálisis	Evaluar el rendimiento de los algoritmos de IA diseñados para diagnosticar fracturas de cadera en radiografías y predecir resultados clínicos postoperatorios después de la cirugía de fractura de cadera en comparación con las prácticas actuales	39 estudios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para el diagnóstico de fracturas de cadera, en comparación con los clínicos, los modelos de IA tenían una OR para error diagnóstico de 0.79 (IC del 95%, 0.48-1.31; P = 0.36). La sensibilidad promedio de los modelos de IA fue del 89.3%, la especificidad promedio fue del 87.5%, y el puntaje F1 promedio fue de 0.90.</li> <li>- En cuanto a la predicción de mortalidad, el área bajo la curva promedio fue de 0.84 con los modelos de IA en comparación con 0.79 para los controles tradicionales (P = 0.09).</li> </ul>
Benedetto et al. (30)/2022	Revisión sistemática y metaanálisis	Comparar la precisión de predicción de mortalidad operativa después de cirugía cardíaca entre modelos de aprendizaje automático (ML) y regresión logística (LR).	15 estudios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuando se utilizó el mejor modelo de ML de cada estudio individual, el metaanálisis mostró que los modelos de ML estaban asociados con un C-estadístico significativamente más alto (ML, 0.88; intervalo de credibilidad del 95%, 0.83-0.93 vs. LR, 0.81; intervalo de credibilidad del 95%, 0.77-0.85; P = 0.03).</li> <li>- Cuando se seleccionaron algoritmos de ML individuales en lugar del mejor modelo de cada estudio, se encontró una tendencia hacia una mejor predicción con cada uno de los algoritmos de ML, aunque no fue significativa.</li> </ul>
Kim et al. (25)/2023	Revisión sistemática y metaanálisis	Evaluar el rendimiento del aprendizaje automático (machine Learning) en el diagnóstico de aflojamiento protésico después de la artroplastia total de cadera (THA) y la artroplastia total de rodilla (TKA).	3236 imágenes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La sensibilidad agrupada en los estudios fue del 0.92 (IC del 95% 0.84-0.97), la especificidad agrupada fue del 0.95 (IC del 95% 0.93-0.96) y la razón de probabilidades de diagnóstico agrupada fue de 194.09 (IC del 95% 61.60-611.57).</li> <li>- Se observó heterogeneidad significativa en las estadísticas I2 para sensibilidad (96%) y especificidad (62%).</li> <li>- La curva resumen de características de operación del receptor indicó sensibilidad y especificidad, con un área bajo la curva (AUC) de 0.9853.</li> <li>- El uso de aprendizaje automático con radiografías simples mostró resultados prometedores con buena precisión, sensibilidad y especificidad en la detección de aflojamiento alrededor de THAs y TKAs. El aprendizaje automático puede ser incorporado en programas de detección de aflojamiento protésico.</li> </ul>
Bektas, et al. (23)/2022	Revisión sistemática	Proporcionar una visión general de los modelos de aprendizaje automático que predicen los resultados quirúrgicos después de la cirugía colorrectal	31 artículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se encontró que una gran proporción de algoritmos de aprendizaje automático se utilizaron para predecir la evolución de la enfermedad y la respuesta a la quimiorradioterapia neoadyuvante en pacientes sometidos a cirugía colorrectal.</li> <li>- Los radiómicos fueron la técnica más utilizada, y se informaron precisiones predictivas de hasta el 91%.</li> <li>- Sin embargo, la mayoría de los estudios tenían un diseño retrospectivo sin validación externa o calibración.</li> </ul>
Sumdani et al. (29)/2022	Revisión sistemática	Recopilar, analizar y evaluar los datos existentes sobre el uso de la VA, VA y la MR en cirugía de columna en personas vivas.	241	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los procedimientos quirúrgicos utilizando AR, VR y/o MR fueron diversos y abarcaron desde una simple discectomía hasta la resección de tumores espinales intradurales.</li> <li>- Todos los pacientes experimentaron mejoras en los síntomas presentes en la presentación clínica.</li> <li>- La tasa de complicaciones más alta informada en los estudios fue del 6.1%, relacionada con la colocación subóptima de tornillos pediculares. Sin embargo, ninguna de estas complicaciones tuvo secuelas clínicas.</li> </ul>
Kawka et al. (28)/2022	Revisión de la literatura	Analizar la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático (machine Learning) en el análisis de videos quirúrgicos y su impacto en la mejora de la formación quirúrgica y la seguridad en cirugía.		Los resultados del estudio incluyen la identificación de diferentes áreas de aplicación de algoritmos de aprendizaje automático en la cirugía, como el reconocimiento de fases quirúrgicas, el reconocimiento de instrumentos, el reconocimiento de gestos y el reconocimiento de puntos anatómicos. Además, se menciona que se espera un aumento significativo en la cirugía mínimamente invasiva y la cirugía robótica en la próxima década, junto con el uso de análisis de videos mediante aprendizaje automático, lo que podría mejorar la formación quirúrgica y reducir errores. Se destaca la necesidad de conjuntos de datos más grandes para mejorar la precisión de los algoritmos de aprendizaje automático en todas las procedimientos quirúrgicos.
Pakkasjärvi et al. (10)/2023	Revisión de la literatura			El uso de la inteligencia artificial en la formación quirúrgica tiene el potencial de mejorar la atención al paciente al hacer que la capacitación quirúrgica sea más eficiente y efectiva. Es necesario un análisis más sistemático de la literatura actual en este campo, con énfasis en el uso adecuado de conjuntos de datos grandes. Aunque el aprendizaje automático no está al mismo nivel que el aprendizaje humano, puede potenciar nuestras capacidades cognitivas y permitirnos centrarnos en tareas complejas y creativas. La IA debe considerarse una herramienta para mejorar, no reemplazar, el aprendizaje humano.
Guo et al. (24)/2023	Revisión de literatura	Evaluar el estado actual de la aplicación de la CV basada en IA en el análisis de videos quirúrgicos laparoscópicos, identificar las áreas de aplicación y discutir los desafíos y obstáculos en esta tecnología		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se destaca que los avances recientes en IA han impulsado la aplicación de CV en el análisis de videos quirúrgicos, especialmente en cirugía laparoscópica.</li> <li>- Se menciona que los datos de video quirúrgico laparoscópico pueden ser utilizados para desarrollar herramientas de apoyo a la toma de decisiones automatizadas en tiempo real y sistemas de entrenamiento para cirujanos.</li> <li>- Se señala que, aunque se han realizado avances en la aplicación de CV en cirugía laparoscópica, todavía se encuentran en una fase temprana de evaluación y se deben abordar desafíos y obstáculos.</li> <li>- Se describe la aplicación de algoritmos de aprendizaje profundo en CV en cuatro escenarios de aplicación: reconocimiento de fases, detección de anatomía, detección de instrumentos y reconocimiento de acciones en cirugía laparoscópica.</li> </ul>
He et al. (27)/2019	Revisión bibliográfica			La implementación de la inteligencia artificial en la medicina requiere educar a la fuerza laboral de la salud sobre sus beneficios y limitaciones. La educación médica debe integrar la informática de la salud, la informática y la estadística para equipar a los médicos con conocimientos esenciales de IA, facilitando una colaboración efectiva entre humanos y máquinas. Los defensores entre los trabajadores de la salud deben informar a los responsables políticos sobre las complejidades de la IA.

Abreviaturas: IA: inteligencia artificial, CV: visión por computadora, AR: realidad aumentada, VR: realidad virtual, MR: realidad mixta, OR: odds ratio, IC: intervalo de confianza

Realizado por: Los Autores

## 2.2 Efectividad y precisión de los sistemas de Inteligencia Artificial.

### Detección de Aflojamiento de Prótesis

Se evaluó el rendimiento de algoritmos de aprendizaje automático en la detección de aflojamiento de prótesis después de artroplastia total de cadera y rodilla. Los resultados mostraron alta sensibilidad y especificidad, lo que sugiere que el aprendizaje automático tiene un prometedor rendimiento en la detección de aflojamiento de prótesis (25)

### Cirugía Asistida por Robot en Tornillos Pediculares:

Compararon la colocación de tornillos pediculares asistida por robot con la técnica convencional de mano libre. La cirugía asistida por robot mostró una mayor precisión en la colocación de tornillos pediculares, tasas más bajas de complicaciones y reducción del tiempo de radiación intraoperatoria, aunque la duración de la cirugía fue mayor (31).

### Miomectomía Laparoscópica Asistida por Robot (RALM):

Se evaluó la eficacia y seguridad de la miomectomía laparoscópica asistida por robot (RALM) en comparación con la miomectomía laparoscópica convencional (LM). RALM mostró ventajas en términos de sangrado intraoperatorio, transfusiones de sangre, estancia hospitalaria, complicaciones postoperatorias y conversiones a cirugía abierta, pero LM fue más rápida en términos de tiempo operatorio (32).

**Tabla 2.** Efectividad y precisión de los sistemas de Inteligencia Artificial

Autor/año	Diseño del estudio	Objetivo	Participantes	Resultados
Kim et al. (25)/2023	Revisión sistemática y metaanálisis	Evaluar el rendimiento de los algoritmos de aprendizaje automático (machine Learning) en el diagnóstico de aflojamiento de prótesis después de THA y TKA	5 estudios	- La sensibilidad agrupada en los estudios fue del 0.92 (IC del 95% 0.84–0.97), la especificidad agrupada fue del 0.95 (IC del 95% 0.93–0.96), y la razón de probabilidades de diagnóstico agrupada fue de 194.09 (IC del 95% 61.60–611.57). - Se concluye que el rendimiento del aprendizaje automático utilizando radiografías simples mostró resultados prometedores con buena precisión, sensibilidad y especificidad en la detección de aflojamiento alrededor de THAs y TKAs. El aprendizaje automático puede incorporarse en programas de detección de aflojamiento de prótesis.
Fatima et al. (31)/2021	Revisión sistemática	Determinar la seguridad y eficacia de la colocación de tornillos pediculares asistida por robot en comparación con la técnica convencional de mano libre (FH).	1,525 pacientes	- La precisión perfecta de los tornillos pediculares, categorizada como Grado A según Gerzbein-Robbin, fue significativamente superior con la cirugía asistida por robot en comparación con la técnica de mano libre (OR: 1.68, IC del 95%: 1.20-2.35; p = 0.003). - De manera similar, la precisión de los tornillos pediculares clínicamente aceptable (Grado A+B) fue significativamente mayor con la cirugía asistida por robot versus la técnica de mano libre (OR: 1.54, IC del 95%: 1.01-2.37; p = 0.05). - las tasas de complicaciones y la violación de la articulación facetaria proximal fueron un 69% (OR: 0.31, IC del 95%: 0.20-0.48; p <0.00001) y un 92% menos probables (OR: 0.08, IC del 95%: 0.03-0.20; p <0.00001) con la cirugía asistida por robot en comparación con el grupo de mano libre. - La colocación de tornillos pediculares asistida por robot redujo significativamente el tiempo de radiación intraoperatoria (MD: -5.30, IC del 95%: -6.83--3.76; p <0.00001) y la dosis de radiación (MD: -3.70, IC del 95%: -4.80--2.60; p <0.00001) en comparación con el grupo de mano libre. - Sin embargo, la duración de la cirugía fue significativamente mayor con la cirugía asistida por robot (MD: 22.70, IC del 95%: 6.57-38.83; p = 0.006) en comparación con el grupo de mano libre.
Sheng et al. (32)/2023	Revisión sistemática y metaanálisis	Evaluar de manera sistemática la eficacia y seguridad de la miomectomía laparoscópica asistida por robot (RALM) en comparación con la miomectomía laparoscópica convencional (LM)	45,702 pacientes	- RALM se asoció con menos sangrado intraoperatorio (Diferencia de medias [MD] = -32.03, IC del 95% -57.24 a -6.83, p = 0.01) menor incidencia de transfusiones de sangre (Odds Ratio [OR] = 0.86, IC del 95% 0.77 a 0.97, p = 0.01) estancia hospitalaria postoperatoria más corta (MD = -0.11, IC del 95% -0.21 a -0.01, p = 0.03) menos conversiones a cirugía abierta (OR = 0.82, IC del 95% 0.73 a 0.92, p = 0.0006) menor incidencia de complicaciones postoperatorias (OR = 0.58, IC del 95% 0.40 a 0.86, p = 0.006) en comparación con LM. - LM fue más ventajosa en cuanto al tiempo operatorio (MD = 38.61, IC del 95% 19.36 a 57.86, p < 0.0001).

Abreviaturas: THA: artroplastia total de cadera, TKA: artroplastia total de rodilla,

Realizado por: Los Autores

## 2.3 Limitaciones y desafíos asociados con la implementación de la IA en cirugía

Destaca la su capacidad para descubrir patrones en datos y generar hipótesis, aunque subrayaron sus limitaciones, como la dependencia de datos disponibles y la falta de representación en datos clínicos.

Señalaron que la IA es una "caja negra", dificultando su interpretación, y que no puede establecer relaciones causales ni proporcionar interpretaciones clínicas automatizadas (4). Los desafíos éticos y legales de la IA en medicina, proponiendo un enfoque diferenciado de principios éticos médicos y un modelo graduado de ley de responsabilidad, destacando la importancia de la relación médico-paciente para aclarar los roles y deberes de los médicos al utilizar sistemas médicos basados en IA (33).

**Tabla 3.** Limitaciones y desafíos asociados con la implementación de la IA en cirugía

Autor/año	Diseño del estudio	Objetivo	Participantes	Resultados
Hashimoto et al. (4)/2018	Revisión bibliográfica	Resumir los principales temas de la IA, incluidas sus aplicaciones y limitaciones en cirugía. Este documento revisa las capacidades clave de la IA para ayudar a los cirujanos a comprender y evaluar de forma crítica las nuevas aplicaciones de la IA y contribuir a nuevos desarrollos	-	La IA no es una solución mágica y tiene limitaciones. Aunque puede descubrir patrones sutiles en los datos y generar nuevas hipótesis, su calidad depende de los datos disponibles y las limitaciones de etiquetado pueden llevar a resultados erróneos. La falta de representación en datos clínicos puede afectar a grupos subrepresentados. La IA es una "caja negra", lo que dificulta la interpretación. A pesar de los avances, no puede establecer relaciones causales ni proporcionar interpretaciones clínicas automatizadas. La colaboración entre cirujanos y científicos de datos es crucial para mejorar la utilidad de la IA en la práctica clínica.
Malnár et al. (33)/2019	Revisión bibliográfica	-	-	La IA se integra cada vez más en la investigación médica y la atención sanitaria diaria. Sin embargo, los beneficios que ofrece a los pacientes también conllevan desafíos, como la responsabilidad en decisiones incorrectas cuando se utiliza en medicina. Esto requiere una implementación diferenciada de principios éticos médicos y un modelo graduado de ley de responsabilidad. La relación médico-paciente puede aclarar los roles y deberes de los médicos en la aplicación de sistemas médicos basados en IA, reforzando su estatus ético y legal en este contexto.

Abreviaturas: IA: inteligencia artificial

Realizado por: Los Autores

A pesar de la valiosa información obtenida de los estudios identificados, se presentan limitaciones importantes. Estas incluyen posibles sesgos en los estudios primarios seleccionados para el análisis, variabilidad en las poblaciones de pacientes y regímenes terapéuticos estudiados, así como la rápida evolución de las IA que podría afectar la relevancia de los hallazgos a lo largo del tiempo. Además, la dependencia de datos previamente publicados puede limitar la inclusión de investigaciones más recientes y relevantes. Estas restricciones destacan la importancia de interpretar los resultados con cautela y considerar fuentes actualizadas.

Los documentos identificados proporcionan una síntesis de la evidencia existente, guiando la selección de tratamientos efectivos y personalizados. Además, al resumir datos de múltiples estudios, ayudan a identificar las terapias más prometedoras y aclaran la eficacia relativa de diferentes enfoques. Estas revisiones también enfatizan la necesidad de actualización constante debido a la rápida evolución de las opciones terapéuticas. Sin embargo, es fundamental considerar la calidad de los estudios incluidos y adaptar las recomendaciones a la situación individual del paciente.

### 3. CONCLUSIONES

La inteligencia artificial y el aprendizaje automático están transformando la medicina y la cirugía, mejorando la precisión y eficiencia en diagnósticos y tratamientos. Sin embargo, se presentan desafíos y resultados mixtos en comparación con enfoques tradicionales. Se necesita un equilibrio entre la innovación tecnológica y una evaluación crítica.

La cirugía asistida por robot y la inteligencia artificial ofrecen mejoras en la precisión y seguridad

en procedimientos quirúrgicos, pero su elección debe basarse en las necesidades individuales y una evaluación de riesgos y beneficios.

La IA promete avances en diagnóstico y tratamiento, pero plantea dilemas éticos, como la autonomía del paciente y la transparencia. Se requiere colaboración entre médicos y responsables de políticas para establecer estándares éticos claros y garantizar la seguridad y confiabilidad de la IA en la medicina.

## FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los Autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

En concordancia con la taxonomía establecida internacionalmente para la asignación de créditos a autores de artículos científicos (<https://credit.niso.org/>). Los autores declaran sus contribuciones en la siguiente matriz:

<i>Participar activamente en:</i>	<i>Karol Moncada Granda</i>	<i>Fabían Correa Martínez</i>
<i>Conceptualización</i>	X	X
<i>Análisis formal</i>	X	X
<i>Adquisición de fondos</i>	X	X
<i>Investigación</i>	X	X
<i>Metodología</i>	X	X
<i>Administración del proyecto</i>	X	X
<i>Recursos</i>	X	X
<i>Redacción –borrador original</i>	X	X
<i>Redacción –revisión y edición</i>	X	X
<i>La discusión de los resultados</i>	X	X
<i>Revisión y aprobación de la versión final del trabajo.</i>	X	X

## RECONOCIMIENTO A REVISORES:

La revista reconoce el tiempo y esfuerzo del editor Jonatan Calderón, y de revisores anónimos que dedicaron su tiempo y esfuerzo en la evaluación y mejoramiento del presente artículo.

## REFERENCIAS

1. Zhou XY, Guo Y, Shen M, Yang GZ. Application of artificial intelligence in surgery. *Front Med.* 23 de agosto de 2020;14(4):417-30.
2. Zhang Y, Weng Y, Lund J. Applications of Explainable Artificial Intelligence in Diagnosis and Surgery. *Diagnostics.* 19 de enero de 2022;12(2):237.
3. Tjoa E, Guan C. A Survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI): Toward Medical XAI. *IEEE Trans Neural Netw Learn Syst.* 16 de noviembre de 2021;32(11):4793-813.
4. Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, Meireles OR. Artificial Intelligence in Surgery: Promises and Perils. *Ann Surg.* julio de 2018;268(1):70-6.
5. Stam WT, Goedknecht LK, Ingwersen EW, Schoonmade LJ, Bruns ERJ, Daams F. The prediction of surgical complications using artificial intelligence in patients undergoing major abdominal surgery: A systematic review. *Surgery.* abril de 2022;171(4):1014-21.
6. Johnston S, Louis M, Churilov L, Ma R, Christophi C, Weinberg L. Health costs of post-operative complications following rectal resection: a systematic review. *ANZ J Surg.* 13 de julio de 2020;90(7-8):1270-6.

7. Mariano F. Impacto de la inteligencia artificial en el perfil del especialista en diagnóstico por imágenes y desafíos de las organizaciones privadas de salud. *Rev Científica UCES*. 2022;27(1):1-37.
8. Lysaght T, Lim HY, Xafis V, Ngiam KY. AI-Assisted Decision-making in Healthcare: The Application of an Ethics Framework for Big Data in Health and Research. *Asian Bioeth Rev*. 12 de septiembre de 2019;11(3):299-314.
9. Nawrat Z. Introduction to AI-driven surgical robots. *Artif Intell Surg*. 2023;3(2):90-7.
10. Pakkasjärvi N, Luthra T, Anand S. Artificial Intelligence in Surgical Learning. *Surgeries*. 17 de febrero de 2023;4(1):86-97.
11. Institute of Electrical and Electronics Engineers [Internet]. 2023. Robots to Improve Surgery for All. Disponible en: <https://www.embs.org/pulse/articles/robots-to-improve-surgery-for-all/>
12. Bohr A, Memarzadeh K. The rise of artificial intelligence in healthcare applications. En: *Artificial Intelligence in Healthcare*. Elsevier; 2020. p. 25-60.
13. Gumbs AA, Frigerio I, Spolverato G, Croner R, Illanes A, Chouillard E, et al. Artificial Intelligence Surgery: How Do We Get to Autonomous Actions in Surgery? *Sensors*. 17 de agosto de 2021;21(16):5526.
14. Jamjoom AAB, Jamjoom AMA, Thomas JP, Palmisciano P, Kerr K, Collins JW, et al. Autonomous surgical robotic systems and the liability dilemma. *Front Surg*. 16 de septiembre de 2022;9(9):1-8.
15. Saeidi H, Opfermann JD, Kam M, Wei S, Leonard S, Hsieh MH, et al. Autonomous robotic laparoscopic surgery for intestinal anastomosis. *Sci Robot*. 26 de enero de 2022;7(62):1-14.
16. Mumtaz H, Saqib M, Ansar F, Zargar D, Hameed M, Hasan M, et al. The future of Cardiothoracic surgery in Artificial intelligence. *Ann Med Surg*. agosto de 2022;80(June):104-15.
17. Chang YJ, Hung KC, Wang LK, Yu CH, Chen CK, Tay HT, et al. A Real-Time Artificial Intelligence-Assisted System to Predict Weaning from Ventilator Immediately after Lung Resection Surgery. *Int J Environ Res Public Health*. 8 de marzo de 2021;18(5):2713.
18. Zhang H, Zhao Y, Gu T. Comment on the article: “Prediction of the development of acute kidney injury following cardiac surgery by machine learning”. *Crit Care*. 26 de diciembre de 2021;25(1):374.
19. Kourou K, Exarchos KP, Papaloukas C, Sakaloglou P, Exarchos T, Fotiadis DI. Applied machine learning in cancer research: A systematic review for patient diagnosis, classification and prognosis. *Comput Struct Biotechnol J*. 2021;19(7):5546-55.
20. Liu X, Wiersma RD. Optimization based trajectory planning for real-time 6DoF robotic patient motion compensation systems. Zhang Q, editor. *PLOS ONE*. 11 de enero de 2019;14(1):e0210385.
21. Rivero-Moreno Y, Echevarria S, Vidal-Valderrama C, Stefano-Pianetti L, Cordova-Guilarte J, Navarro-Gonzalez J, et al. Robotic Surgery: A Comprehensive Review of the Literature and Current Trends. *Cureus*. 24 de julio de 2023;15(7):42-9.
22. Ravindhran B, Chandak P, Schafer N, Kundalia K, Hwang W, Antoniadis S, et al. Machine learning models in predicting graft survival in kidney transplantation: meta-analysis. *BJS Open*. 7 de marzo de 2023;7(2):1-13.
23. Bektaş M, Tuynman JB, Costa Pereira J, Burchell GL, van der Peet DL. Machine Learning Algorithms for Predicting Surgical Outcomes after Colorectal Surgery: A Systematic Review. *World J Surg*. 15 de diciembre de 2022;46(12):3100-10.

24. Guo K, Tao H, Zhu Y, Li B, Fang C, Qian Y, et al. Current applications of artificial intelligence-based computer vision in laparoscopic surgery. *Laparosc Endosc Robot Surg.* septiembre de 2023;6(3):91-6.
25. Kim MS, Kim JJ, Kang KH, Lee JH, In Y. Detection of Prosthetic Loosening in Hip and Knee Arthroplasty Using Machine Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina (Mex).* 17 de abril de 2023;59(4):782.
26. Lex JR, Di Michele J, Kouchecki R, Pincus D, Whyne C, Ravi B. Artificial Intelligence for Hip Fracture Detection and Outcome Prediction. *JAMA Netw Open.* 17 de marzo de 2023;6(3):e233391.
27. He J, Baxter SL, Xu J, Xu J, Zhou X, Zhang K. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nat Med.* 7 de enero de 2019;25(1):30-6.
28. Kawka M, Gall TMH, Fang C, Liu R, Jiao LR. Intraoperative video analysis and machine learning models will change the future of surgical training. *Intell Surg.* enero de 2022;1(3):13-5.
29. Sumdani H, Aguilar-Salinas P, Avila MJ, Barber SR, Dumont T. Utility of Augmented Reality and Virtual Reality in Spine Surgery: A Systematic Review of the Literature. *World Neurosurg.* mayo de 2022;161(8):e8-17.
30. Benedetto U, Dimagli A, Sinha S, Cocomello L, Gibbison B, Caputo M, et al. Machine learning improves mortality risk prediction after cardiac surgery: Systematic review and meta-analysis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* junio de 2022;163(6):2075-2087.e9.
31. Fatima N, Massaad E, Hadzipasic M, Shankar GM, Shin JH. Safety and accuracy of robot-assisted placement of pedicle screws compared to conventional free-hand technique: a systematic review and meta-analysis. *Spine J.* febrero de 2021;21(2):181-92.
32. Sheng Y, Hong Z, Wang J, Mao B, Wu Z, Gou Y, et al. Efficacy and safety of robot-assisted laparoscopic myomectomy versus laparoscopic myomectomy: a systematic evaluation and meta-analysis. *World J Surg Oncol.* 28 de julio de 2023;21(1):230.
33. Hermstrüwer Y. Artificial Intelligence and Administrative Decisions Under Uncertainty. En: *Regulating Artificial Intelligence.* Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 199-223.